

補助事業番号 2020M-118

補助事業名 2020年度高集光倍率太陽電池システムの温度制御と熱回収用放射拡張流路冷却器の開発 補助事業

補助事業者名 東京大学新領域創成科学研究科

1 研究の概要

集光型太陽光発電システムを用いた太陽電池発電・太陽熱同時利用システムは、新型太陽エネルギー利用形態として有望であるが、高熱流束冷却技術と熱の回収利用技術の開発が鍵となる。本研究は、放射拡張マイクロ流路を用いた低圧力損失、高流動安定性と高伝熱性能を併せ持つ冷却器を提案し、その冷却内部の二相流動・伝熱特性の理論解明と実験的な評価を行うことで、流動安定化に寄与する流路の形状、寸法などの特定と最適設計手法の確立を行う。開発した二相流太陽電池冷却器を用いて、太陽電池セルの温度を110～120℃前後に維持させ、発電性能の評価を行う。

さらに、約100℃の熱を回収して暖房、冷房、給湯あるいは除湿などの用途に用いることで、総合的なエネルギー効率を70%まで高めるシステムの開発を目指す。

2 研究の目的と背景

太陽エネルギーを代表とする再生可能エネルギーの利用促進は、エネルギー問題の解決と低炭素社会実現への期待が高いが、コスト、効率、また安定的な発電にはまだ多くの課題が残されている。現状の太陽電池の中で一番発電効率高いⅢ-Ⅴ族太陽電池(44.7%のセル変換効率達成)でも、コストが高いため、材料の改良と構造の最適化を施しても2030年に5円/kWhまで発電単価が下げることが困難である。太陽熱の同時有効利用を考慮した新たなシステムの開発が求められている。

集光倍率が大きくなるほど化合物太陽電池の発電効率と発電能力共に大きくなるが、集光倍率を上げるために、高熱流束冷却技術と熱の回収利用技術の開発が鍵となる。本研究は、化合物太陽電池セルの優れた温度特性を利用して、1000～2000倍程度の高集光倍率と精密な冷却技術を用いることで、太陽電池セルの温度を110～120℃前後に維持させ、高効率、安定的な発電が実現する上に、約100℃の熱を回収して暖房、冷房、給湯あるいは除湿などの用途に用いることで、総合的なエネルギー効率を70%まで高めるシステムの開発を目指す。

3 研究内容

(1) 放射拡張流路冷却器の設計と性能評価

冷却器の設計と試作

冷却器性能評価実験サイクル作成

性能評価実施と解析

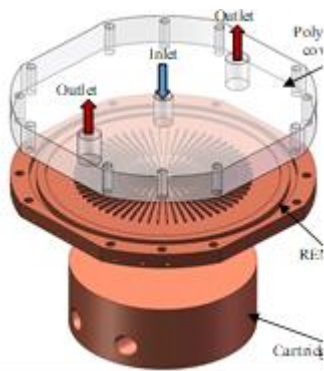
(2) 放射拡張流路冷却器内部の二相流動・伝熱特性の解明

流路内の二相流の可視化観察

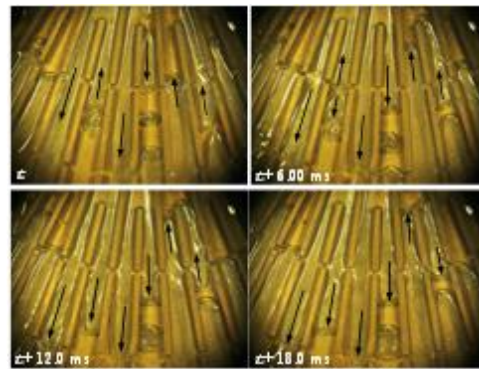
流路内の二相流動特性のレーザー共焦点変位計計測

- (3) 自動追尾集光器へ適用のため、放射拡張流路冷却器の設置方向による性能変化の評価
 - 重力の影響による放射拡張流路の流動と伝熱特性の評価
 - 重力の影響を受けない放射拡張流路の設計と評価
- (4) 高集光倍率(1000倍以上)における太陽電池の冷却性能と発電特性の評価
 - 太陽電池・冷却モジュールの試作
 - 集光倍率・太陽電池温度による太陽電池の発電特性の変化を評価
- (5) 自動追尾集光器への太陽電池モジュールの実装と冷却・発電・熱回収システムの構築
 - 自動追尾集光器へ太陽電池モジュールの実装
 - 太陽光発電・太陽熱利用システムの冷却・発電・熱回収性能の評価

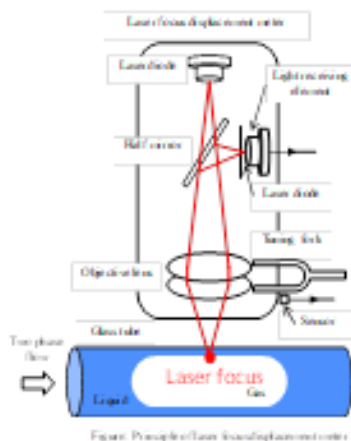
放射拡張流路冷却ユニット



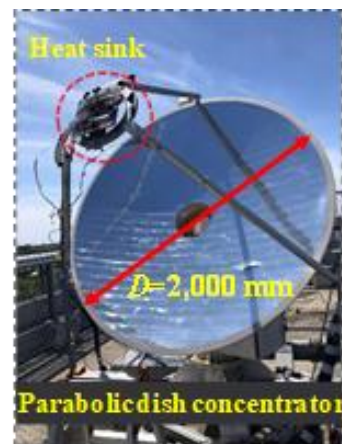
流動可視化と解析



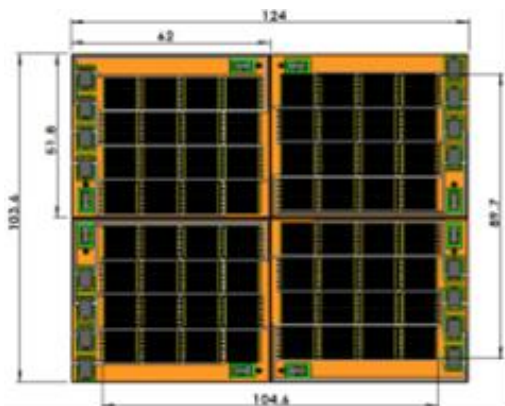
重力の影響を受けない
3D構造給液タイプ太陽電池ユニット



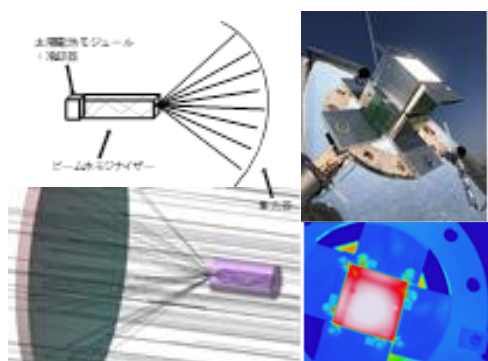
発電・熱回収実験
(集光倍率1000倍)



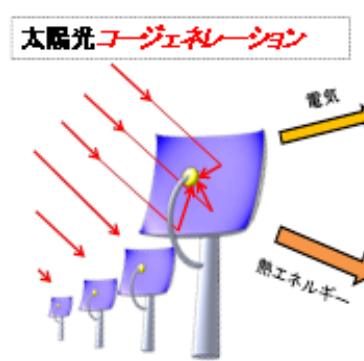
太陽電池モジュール



ビームホモジナイザー



太陽光コージェネレーション



補助事業紹介ページ URL

<http://mech.u-fukui.ac.jp/~dang/Research/Radial%20expanding%20heat%20exchanger.html>

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

高性能な相変化太陽電池冷却ユニットの開発が成功すれば、1000～2000 倍程度の高集光倍率と精密な冷却技術が可能になる。太陽電池セルの温度を110～120℃前後に維持させ、高効率な発電が実現する上に、約100℃の熱を回収して暖房、冷房、給湯などの用途に用いることで総合的なエネルギー効率を70%まで高めるシステムの開発が可能になる。

また、開発した高流動安定性放射拡張流路冷却器は、データセンターの高熱流束ブレードサーバの冷却、高出力レーザーの冷却などにも適用可能である。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまで、エネルギーを大量に消費することなく人間の快適な生活環境をつくる技術や、中長期的な都市のエネルギーシステムの研究を行っている。研究の学術的重要性と社会貢

献の両方を重視し、先進熱交換器の研究から、冷媒の低GWP化、太陽エネルギーの有効利用、冷凍空調システムのイノベーションに至るまで幅広く研究開発を行ってきた。

本研究は、より長期的な社会変化や環境の持続性を考慮し、国際的な協力の下で、エネルギー利用の高効率化、低炭素化及びスマート化の実現を目指した研究である。高流動安定性・高伝熱性能と潜熱回収利用可能な新型放射拡張マイクロ流路太陽電池冷却器を開発することで、高集光倍率条件での安定的な太陽電池発電と高温潜熱回収システムを実現する。

太陽エネルギーの利用促進のために寄与する新たなアプローチの提案が達成したものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

・学術論文発表1件:

(1)Sihui Hong, Bohan Zhang, Chaobin Dang, Eiji Hihara, Development of two-phase flow microchannel heat sink applied to solar-tracking high-concentration photovoltaic thermal hybrid system, Energy, 212, 1, 118739 (2020).

・国内学術会議発表2件:

(1)高山晶帆, 党超鋌, 洪思慧, 飛原英治, 可変流路自励振動型ヒートパイプの起動特性に関する研究, 日本機械学会熱工学コンファレンス, 2020, 10, 10, オンライン開催

(2)党超鋌, 洪思慧, 拡張流路を用いた高熱流束電子機器冷却性能向上に関する研究, 日本機械学会熱工学コンファレンス, 2020, 10, 10, オンライン開催

・招待講演8件(国内4, 海外4)を行った。

(1)Development of two-phase flow microchannel heat sink on photovoltaic thermal hybrid system, Dalian University of Technology-overseas partner universities online exchange conference,2020,12,15,Dalian, China. (web meeting)

(2)Development of advanced cooling system for large area, high heat flux applications, China Shanghai Maritime University Summer School, 2020,10,6, Shanghai, China (web meeting)

(3)Development of two-phase flow microchannel heat sink applied to high-concentration photovoltaic thermal hybrid system, 2nd International Conference on Future Learning Aspects of Mechanical Engineering (FLAME - 2020), 2020,8,6,India(web meeting)

(4)Development of a radial expanding microchannel heat sink applied to solar-tracking high concentrating photovoltaic thermalsystem,Sina-Japan-UK frontiers in phase change heat transfer and its applications in energy, 2020,7,27, Xi'an, China. (web meeting)

(5)日本冷凍空調学会地球温暖化に対応するための先進熱交換技術に関する調査研究、拡張流路を用いた流動沸騰伝熱性能向上に関する研究、2020年12月18日(web meeting)

(6)高集光倍率太陽光発電・太陽熱コジェネレーションシステムの開発 (Ⅰ)システムデザイン,2020日本機械学会年次大会、2020年9月14日(web meeting)

(7)高集光倍率太陽光発電・太陽熱コジェネレーションシステムの開発 (Ⅱ)太陽電池の冷却と発電性能, 2020年9月14日(web meeting)

(8)第21回相変化研究会、拡張流路を用いた高熱流束電子機器冷却性能向上に関する研究、2021年6月23日(web meeting)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

<http://mech.u-fukui.ac.jp/~dang/Research/Radial%20expanding%20heat%20exchanger.html>

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 福井大学 (旧:東京大学)

住 所: 〒910-8507 福井県福井市文京3丁目9-1

担 当 者: 准教授 党 超鋌 (ダン チョウビン)

担 当 部 署: 学術研究院工学系部門 (ガクジュツケンキュウインコウガクケイブモン)

E - m a i l: dangcb@u-fukui.ac.jp

U R L: <http://mech.u-fukui.ac.jp/~dang/index.html>